云 南 植 物 研 究 1999, 21 (2): 202~206
Acta Botanica Yunnanica

五列木科和肋果茶科花粉外壁超微结构及其与山茶科的系统学关系*

韦仲新 李德铢 樊熙锴 张香兰
(中国科学院昆明植物研究所，昆明 650204)

摘要 借助光学显微镜、扫描电镜和透射电镜对五列木科 Pentaphylacaceae 和肋果茶科 Sladeniaceae 花粉进行了观察，并与山茶科 Theaceae 若干属的花粉进行了详细的比较，同时参考了猕猴桃科 Actinidiaceae 的花粉特征。研究表明，肋果茶科的花粉与山茶科的花粉具有较多的相似性，如其形状和大小与山茶科中厚皮香亚科的几乎一致；而花粉的表面纹饰（粗糙至模糊的皱波状纹饰）则与山茶属，*Freziera* 属和厚皮香亚科部分属的花粉纹饰相类似。从花粉外壁的结构看，肋果茶的花粉与石笔木属和山茶属的更接近，表现为：花粉外壁层次分化明显，复盖层和柱状层均较厚，外壁内层薄。而五列木科花粉除了形状和萌发孔类型与山茶科的相似外，其纹饰特征和外壁结构均与山茶科的差异较大，如五列木科花粉表面近光滑，外壁覆盖层较薄，柱状层很不发达，外壁内层相对较厚等。孢粉学上认为，肋果茶科与山茶科具有更为密切的关系，五列木科则与山茶科较疏远。支持把肋果茶科作为一个属置于山茶科内或作为山茶科的一个亚科。

关键词 花粉外壁超微结构；五列木科；肋果茶科；山茶科
分类号 Q 944

Pollen Ultrastructure of Pentaphylacaceae and Sladeniaceae and Their Relationships to the Family Theaceae

WEI Zhong-Xin, LI De-Zhu, FAN Xi-Kai, ZHANG Xiang-Lan
(*Kunming Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences*, Kunming 650204)

Abstract To elucidate taxonomic relationships among the families of Pentaphylacaceae, Sladeniaceae and Theaceae, pollen grains of 10 genera, ca. 20 species representing three families stated above were examined by light, scanning electron, and transmission electron microscopes. The comparison of pollen morphology shows that the pollen grains of Sladeniaceae are very similar to those of Theaceae. Their pollen grains are oblate to nearly spheroidal and 3-colporate, from rugulate to rugulate-reticulate sculptures and exine structure consisting of thick tectum and columellae, and thin endexine. However, the pollen grains of Pentaphylacaceae are different relatively from those of Theaceae for having nearly psilate pollen surface and exine structure consisting of thin tecum, undeveloped columellae and thick endexine though the pollen shape (oblate) and aperture (3-colporate) are similar to those of Theaceae. As far as the pollen sculpture and

* 中国科学院生物分类区系特别支持项目（9654）
1998-07-09 收稿，1998-11-30 接受发表

exine structure are concerned, Pentaphylacaceae is more similar to *Clematoclethra* Maxim. of Actinidiaceae than to Theaceae. Palynologyical result supports to treat Sladeniaceae as a genus *Sladenia* under Theaceae, or as a subfamily of Theaceae.

Key words Pollen exine ultrastructure, Pentaphylacaceae, Sladeniaceae, Theaceae.

五列木科（Pentaphylacaceae）和肋果茶科（Sladeniaceae）均为五桠果亚纲（Dilleniidae）中系统位置较孤立的单属科，前者1（~2）种，后者仅1种（Airy Shaw，1973；Cronquist，1981；van Steenis，1956；侯宽昭，1982）。均分布于亚洲东南部。但在不同的分类系统中，对这两个科的分类和系统学处理各不相同。如肋果茶自1973年作为属成立以来，曾被置于4个不同的科，即山茶科、锡叶藤科、亚麻科和猕猴桃科。提升为科后，其系统位置也随不同的系统而变化，如Takhtajan系统曾把它放在紧跟山茶科之后（Takhtajan，1989），但最近则把它作为一个亚科，置于厚皮香亚科与山茶亚科之间（1997）。Cronquist系统（1981）和Dahlgren系统仍把它作为山茶科的一个属（Brummitt，1992）。Thorne则把它置于山茶科内，独自成立一个亚科，置于厚皮香亚科和山茶亚科之后（Thorne，1992）。至于五列木科，大多数学者赞成其独立成科。但它在五桠果亚纲中的位置不尽相同。如Dahlgren把五列木科放在山茶科之前，靠近五桠果科，Cronquist（1981），Young和Thorne则把它置于山茶科后不远的位置，而Engler更是把它放在远离山茶科的卫矛目内（Brummitt，1992）。由此可见，各学者对这两个科的系统处理始终有较大的分歧，尤其肋果茶科，不仅系统位置争议较大，而且分类等级还有争议。本文试图从其花粉形态特征和外壁超微结构方面与山茶科及相关类群进行比较，以期从孢粉学上探讨和阐明这两个科与山茶科的关系及其系统位置。

有关五列木科和肋果茶科花粉形态的研究，除了作过简单的描述或光学显微镜观测外（G. 额尔特曼，1962；中国科学院植物研究所等，1982），尚未有过电镜观察和超微结构的报道。但与这两科同属低等五桠果类的山茶科、猕猴桃科和五桠果科，花粉形态的电镜观察较深入，报道也较多（韦仲新等1992，1997；叶创兴，1990a；张芝玉，1987；Dickison等，1982）。这些研究为我们比较五列木科和肋果茶科的花粉形态特征提供了极为有利的条件和丰富的资料。

1 材料与方法

花粉材料大部分采自中国科学院昆明植物研究所标本馆（KUN）的蜡叶标本，部分采自美国佛罗里达大学自然史博物馆标本馆（FLAS）标本。

花粉按额尔特曼醋酸酐分解法分解后，制片观察和测定大小（每种测15~20粒）。电镜样品制备如下：经醋酸酐处理过的花粉水洗和酒精脱水后，把花粉置于样品台上，喷膜和观察照相。透射电镜样品的制备过程：经醋酸酐处理过的花粉先用1.5%琼脂进行预包埋，然后用30%~100%浓度的系列酒精逐级脱水，最后再用100%的丙酮脱水2~3次。经此处理的花粉琼脂混合物用Spurr纸粘度树脂进行渗透和包埋，并置于70℃烘箱中烘8~10 h。包埋块经修整后进行超薄切片和染色。在H-600透射电镜上观察和照相。

2 观察结果

五列木科 Pentaphylacaceae 本科1属1（~2）种，分布于东南亚，中国南部和西南部有产。

花粉近球形，罕为近长球形。极面观3裂圆形。大小为（14~16.5）15.8×14（13.5~16）μm。3孔沟，沟几乎达两极，中间宽，两端稍尖。内孔横长。外壁表面近光滑，仅隐约可见浅而麻点状的小穴。外壁结构：复盖层薄而稍为波浪形，柱状层不发达，小柱粗而短甚至呈颗粒状，基层薄，外壁内层厚，但结构疏松。仅观察一种，即五列木 *Pentaphylax euryoides* Gardn. et Champ.（图版Ⅰ：1~2，12~13）。

肋果茶科 Sladeniaceae 仅1属1种，产缅甸，泰国及中国云南和广西。

花粉近球形至长圆球形，极面观3裂圆形。大小（15.5~18）17×15.5（14~16.5）μm。3孔沟，沟较短而宽。外壁表面粗糙至模糊的皱波状纹饰。外壁复盖层厚，但高低不一，并有少数的微孔道，柱状层较高，小柱单一，但排列不甚整齐，基层和外壁内层相对较薄，但在萌发孔区几乎全为外壁内层。观察 *Sladenia celastrifolia* Kurz（图版Ⅲ：1~2，6~7）。

山茶科 Theaceae 17~25属，约500种，产热带和亚热带地区，少数分布到温带地区。本文作者之一曾对该科17属50种进行过系统的研究（韦仲新，1997），在此不再赘述，只列举部分属种作代表，以便与五列木科和肋果茶科花粉进行比较（表1及图版）。

表1 五列木科、肋果茶科和山茶科花粉形态学资料

Table 1 Pollen morphological data of Pentaphylacaceae, Sladeniaceae and Theaceae.

分类群 Taxa	P/E	大小范围（极轴） Range of size（μm）	纹 饰 sculpture	外壁结构 Exine structure	凭证标本 Vouchers
Pentaphylax euryoides（五列木科）	1.0	14~16.5	近光滑	柱状层不发达，外壁内层厚	陈照宙 51008，广西
Sladenia celastrifolia（肋果茶科）	1.0	15.5~18	粗糙至皱波状	柱状层较发达，外壁内层较薄	武全安 9495，云南景东
Camellia yunnanensis（本属及以下均为山茶科）	0.8	34.4~43.4	皱波状	柱状层较发达，外壁内层较薄	王文采 307，云南
C. luopingensis	0.8	43.8~50	皱颗粒状	柱状层较发达，外壁内层较薄	孙航 479，云南
Tutcheria pubiceotata	1.1	32~40	皱网状	柱状层较发达，外壁内层较薄	峨山队 86~261，云南
Hartia sinensis	1.0	25~34	穴网状		林芹 770492，云南元江
Schima bambusifolia	1.1	32~40	网状	柱状层较发达，外壁内层稍厚	叶创兴（无号），云南
S. paracrenata	1.1	32~40	网状	柱状层较发达，外壁内层稍厚	毛品一 533，云南
Apterosperma oblata	0.9	28~34	近光滑	柱状层不甚发达，外壁内层厚	叶创兴（无号），广东
Freziera undulata	1.0	12~15	粗糙至皱波状		Wilbur 8081，多米尼加
Gordonia chrysandra	1.1	40~48	皱网状		杨增宏 101680，产地（?）
Anneslea fragrans	1.0	15~20	近光滑		朱太平 0418，云南耿马

3　讨论

3.1　从花粉形态看五列木科和肋果茶科与山茶科的关系

五列木科和肋果茶科的花粉均为3孔沟类型，这与山茶科花粉相类似，形状上也大同小异，如五列木科和肋果茶科花粉为近球形至近长球形，山茶科花粉则从扁球形到近长球形。从大小看，五列木科花粉较小，常在16 μm以下，肋果茶科花粉稍大些，达18 μm。而山茶科花粉在不同的亚科变化较大，如山茶亚科花粉大多数在30~50 μm，而厚皮香亚科花粉则只有15~20 μm。从花粉纹饰看，五列木科花粉与山茶科（尤其山茶亚科）有较大差异，表现在前者花粉表面近光滑后者花粉表面具多种多样纹饰。肋果茶科花粉的表面很粗糙，甚至具模糊的皱波状纹饰，与山茶属，*Freziera* 属和厚皮香亚科某些属的纹饰很相似。外壁结构上，五列木科的也较特殊，其覆盖层较薄，柱状层薄，小柱很不发达，几乎成颗粒状，而肋果茶科和山茶科（尤其山茶亚科）花粉的覆盖层则较厚，柱状层较发达，小柱较长，与五列木科成了鲜明的对比。此外，五列木科花粉的外壁内层相当发达，远比基层厚，而肋果茶科和山茶科花粉的外壁内层则相对较薄，几乎与基层等厚（图版Ⅰ：10~13；Ⅱ：9~13；Ⅲ：6~8；韦仲新等，1992，韦仲新，1997有关图版）。

从上述的比较中，我们不难看出，肋果茶科和山茶科花粉从形状大小到纹饰特征甚而外壁结构等都有较多的相似性，而五列木科花粉则不然，除了形状和大小与山茶科的花粉较相似外，其表面纹饰和外壁结构与山茶科的差异较大。

就孢粉学而言，作者支持Cronquist的观点即把肋果茶作为一个属 *Sladenia*，置于山茶科内或者按Takhtajan和Thorne的办法把它作为山茶科中的一个亚科处理。五列木科则仍然作为独立的科，支持大学教学者的观点。

3.2　从花粉壁超微结构探讨五列木科、肋果茶科和山茶科的系统发育关系

被子植物中，其原始类群花粉外壁的分层远不如较进化类群的分层明显，如木兰科花粉外壁尽管由覆盖层、柱状层和基层组成，但多数种类的柱状层为颗粒~不定型结构组成，有时简直无法把覆盖层与柱状层区分。更原始的类型，其花粉外壁甚至缺乏分层结构，无法找到柱状层分子，其外壁全由结构致密层组成（即称无结构层）。在木兰科较进化类群如鹅掌楸属，其花粉外壁不仅分层明显，而且柱状层发育良好（韦仲新，吴征镒，1993）。据近来报道，该科的观光木属（*Tsoongiodendron*）和单性木兰属（*Kmeria*）也具有发育较好的柱状层，与木兰科其它种类蜂窝状的柱状层相比进步很多（徐凤霞，吴七根，1995；徐凤霞，1998）。尽管这样，这几个属的花粉外壁仍未有外壁内层的形成，其外壁仅由覆盖层，柱状层和基层所组成。这与百合科、延龄草科所见到的花粉外壁结构较为接近和类似（韦仲新，1995）。较为进化的类群，不仅外壁各个层次分层清楚，而且柱状层的发育很好，同时，外壁内层也不同程度地出现。如中央子类的大多数科（Walker，1976；Nowicke等，1979）和桃金娘目的各个科（Patel等，1984）。在山茶科花粉形态的研究中，我们亦发现，其花粉外壁很清楚地分为覆盖层、柱状层、基层和外壁内层，其分化程度类似于桃金娘类的情况。然而，在花粉壁各层次的分化中，也许以柱状层和外壁内层的分化在某种程度上最能反映类群的进化程度及各类群的亲缘关系。五列木科花粉外壁结

构中，其柱状层的分化不如肋果茶科和山茶科的分化明显，但其外壁内层却远比肋果茶和山茶科的为厚（图版Ⅰ：12～13），这表明，五列木科花粉在某些特征显得比山茶科原始，而另一些特征则又较山茶科进化。故欲从花粉超微结构上阐明这两个科的进化关系似乎很困难。而肋果茶科与山茶科相比较，不论柱状层的发育程度（以其高度表示）还是外壁内层的厚度均没有多大的差异，加之，其花粉形状和大小也较一致，这就有理由认为孢粉学上肋果茶科和山茶科上是密切相关的。

参考文献

中国科学院植物研究所、华南植物所，1982. 中国热带亚热带被子植物花粉形态．北京：科学出版社

韦仲新等，1992. 山茶属花粉形态及其分类学意义（英文）．云南植物研究，**14**（3）：275～282。

韦仲新，1997. 山茶科花粉超微结构及其系统学意义．云南植物研究，**19**（2）：143～153。

韦仲新，吴征镒，1993. 鹅掌楸属花粉的超微结构研究及其系统学意义．云南植物研究，**15**（2）：163～166

韦仲新，1995. 延龄草属花粉形态的研究（英文）．云南植物研究，**17**（3）：317～324。

叶创兴，1990a. 山茶亚科属间亲缘关系的探讨．中山大学学报（自然科学版），**29**（1）：74～81。

张芝玉，1987. 猕猴桃科的花粉形态及其系统位置的探讨．植物分类学报，**25**（1）：9～23

侯宽昭编，吴德邻等修订，1982. 中国种子植物科属词典．北京：科学出版社

徐凤霞，吴七根，1995. 合果木兰属和观光木属的花粉形态．西北植物学报，**15**（6）：47～49。

徐凤霞，1998. 单性木兰属花粉形态观察．广西植物，**18**（1）：29～31

额尔特曼 .G 著（王伏雄、钱南芬译）1962，花粉形态与植物分类，北京：科学出版社

Airy Shaw H K, 1973. A dictionary of the flowering plants and ferns. 8th ed. Cambridge: The University Press.

Brummitt R K, 1992. Vascular plant families and genera. Royal Botanic Gardens, Kew.

Cronquist A., 1981. Integrated system of classification of flowering plants. The New York Botanical Garden. New York: Columbia University Press, 327～328

Dickison W C, 1982. Pollen morphology of the Dilleniaceae and Actinidiaceae. *Amer J Bot*, **69** (7): 1055～1073

Nowicke J W, Skvarla J J, 1979. Pollen morphology: The potential influence in higher order systematics. *Ann Missouri Bot Gard*, **66**: 633～700

Patel V C, 1984. Pollen characters in relation to the delimitation of Myrtales. *Ann Missouri Bot Gard*, **71**: 858～869

Takhtajan A, 1989. Systema Magnoliophytorum. Leninopoli officina editoria《Nauka》Sectio Leninopolitana. MCMLXXVLL.

Takhtajan A, 1997. Diversity and Classification of Flowering Plants. New York: Columbia University Press.

Thorne R F 1992. Classification and geography of the flowering plants. *Botanical Review* **58** (3): 225～350

Van Steenis, 1956. Pentaphylacaceae (C.G.G.J.van Steenis, Leyden) 1. Pentaphylax. Flora Malesiana. Ser.1, vol.5^2: 121～124

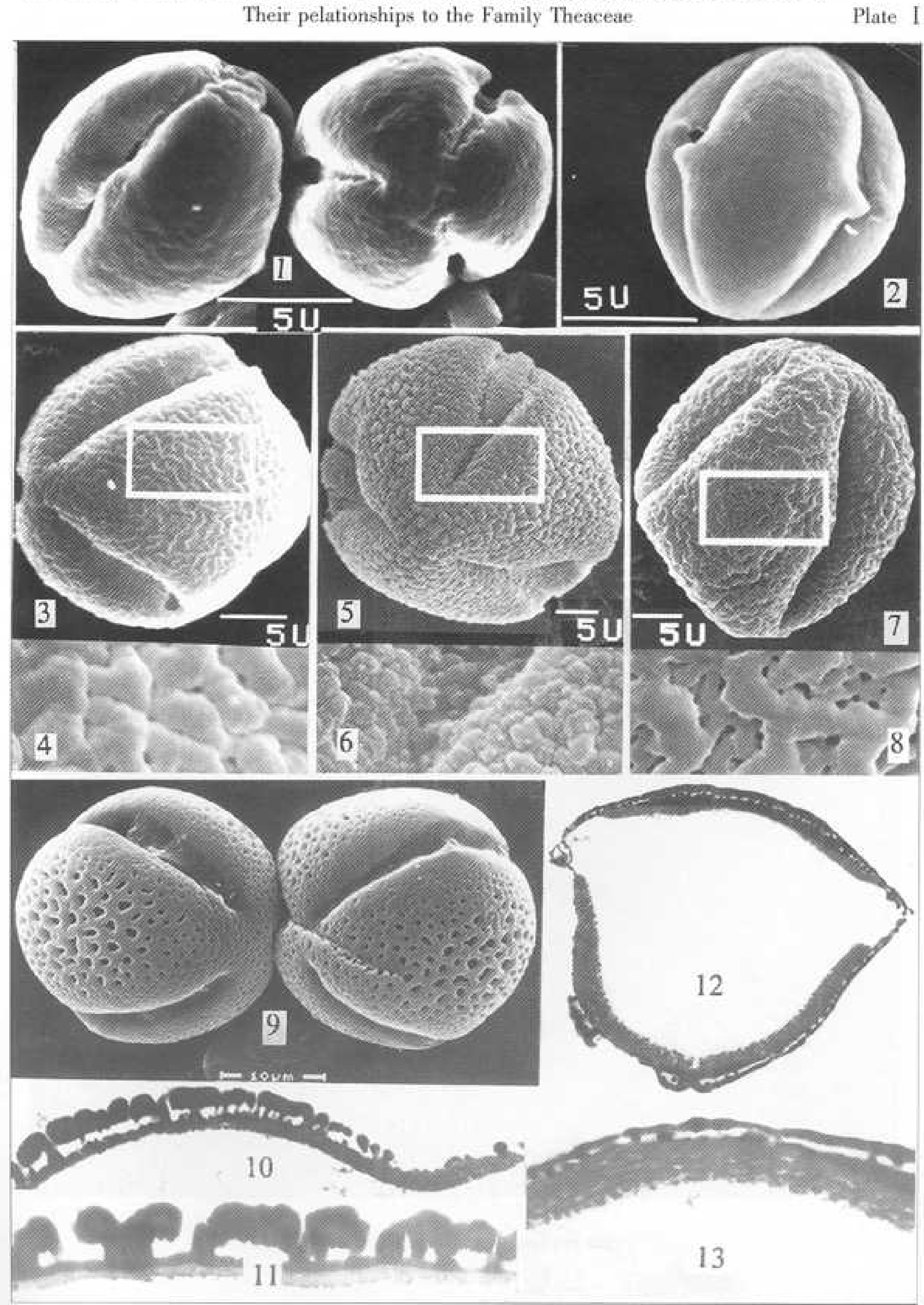
Walker J W, 1976. Evolutionary significance of the exine in the pollen of primitive angiosperms. In: Ferguson I K, Muller J. Linnean Society symposium Series No.1. Published for the Linnean Society of London by Academy Press.

图版说明 Explanation of Plates

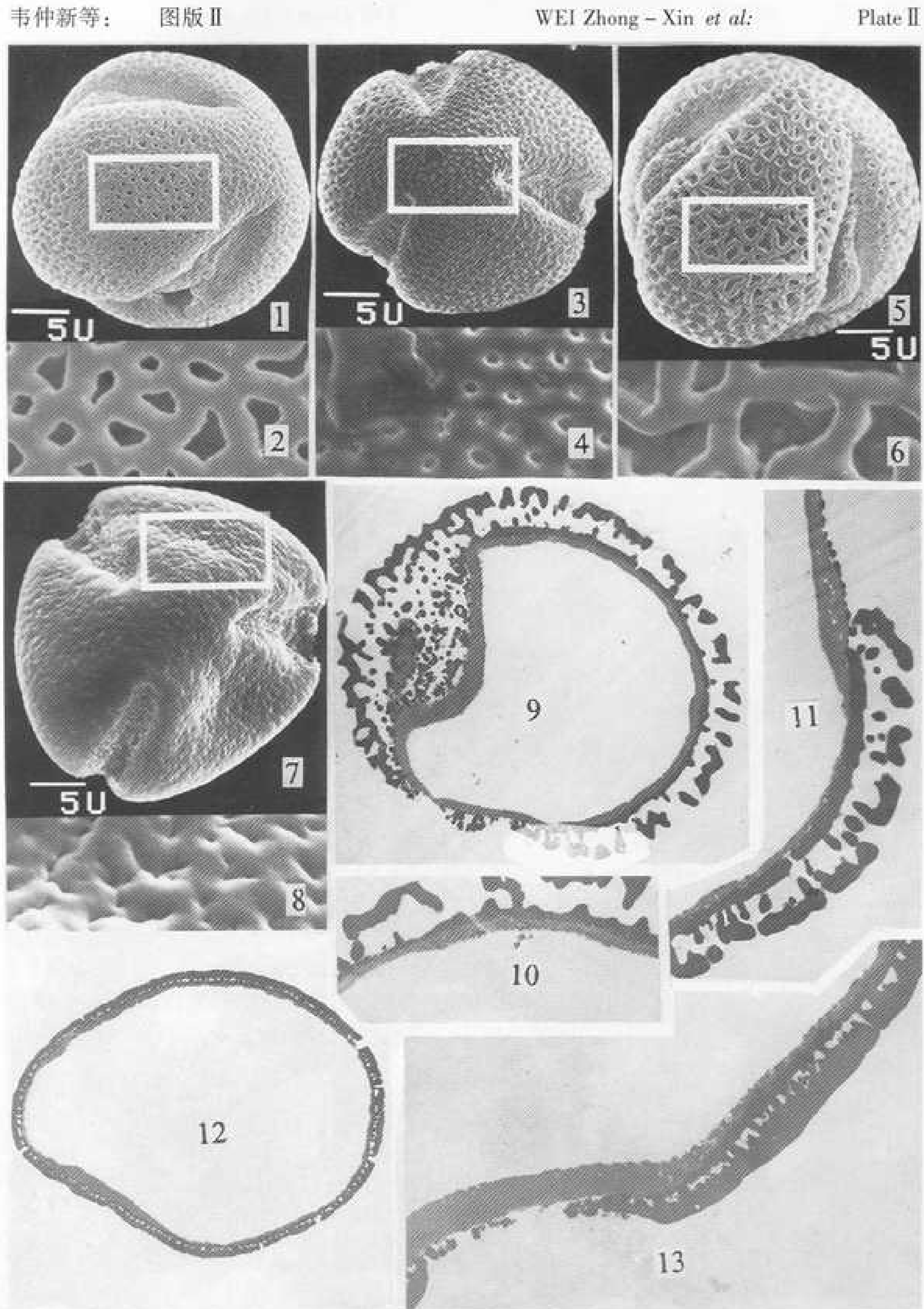
图版Ⅰ.1～2，12～13. *Pentaphylax euryoides*，12×5000，13×15000；3～4，10. *Camellia yunnanensis*，10×6000；5～6，11. *C. luopingensis*，11×8000；7～8，*Tutcheria pubiceotata*；9. *Hartia sinensis*.

图版Ⅱ.1～4，11. *Schima bambusifolia*，11×5000；5～6，9～10. *S. paracrenata*，9×2500，10×4000；7～8，12～13. *Apterosperma oblata*，12×2000，13×6000.

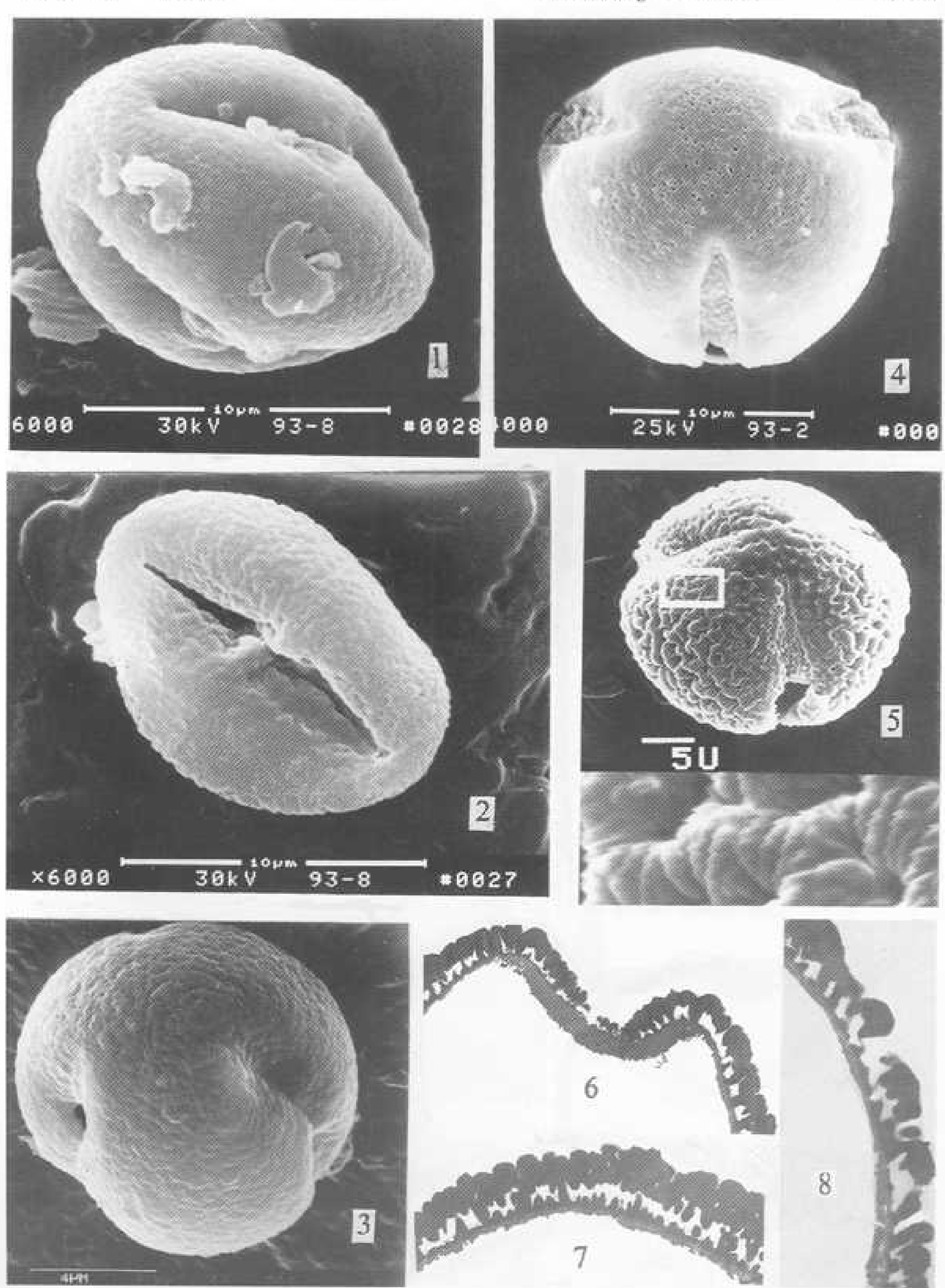
图版Ⅲ.1～2，6～7. *Sladenia celastrifolia*，6×5000，7×6000；3. *Freziera undulata*；4. *Anneslea fragrans*；5. *Gordonia chrysandra*；8. *Tutcheria pubiceotata*，×8000.



See explanation at the end of text



See explanation at the end of text



See explanation at the end of text